

## БЕЗАППАРАТУРНОЕ КОЛОРИМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТАЛЛОВ С ПОМОЩЬЮ СМАРТФОНА

Э.В. Уразов, А.К. Посвященная

Научный руководитель: доцент, д.х.н. М.А. Гавриленко  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050  
E-mail: [dce@mail.ru](mailto:dce@mail.ru)

Разработано и реализовано приложения для смартфона для колориметрического анализа с использованием одноразового оптода. Используя встроенную камеру в смартфоне, изображения до и после аналитической реакции металлов с комплексообразующим реагентом и появлением окраски оптода проанализированы мобильным приложением. Основными проблемами коррекции цвета являются задачи нивелирования засвечивания изображения и влияния окружающего света. Для решения этих задач в приложение включена цветодиффузионная модель сравнения с исходным изображением колориметрического оптода. С помощью программы обработки изображений на смартфоне, разработанные прозрачные оптоды успешно применены для определения металлов в природной и технической воде. Предел обнаружения, полученный с разработанной платформой составляет 4-12 ppб. Таким образом, достигнуто быстрое и чувствительное определение металлов с помощью одноразового колориметрического оптода и последующей обработки изображения приложением для смартфона без использования любого аналитического оборудования.

Колориметрические оптоды для тест-методов анализа произвели революцию в области исследований и обнаружения токсичных или, наоборот, полезных веществ и витаминов вследствие простоты применения, мобильности и миниатюризации [1-4]. Однако разработка и изготовление функциональных устройств для интерпретации их аналитического сигнала остаются сложными и дорогостоящими. Системы распознавания изображений на основе смартфонов потенциально затронули упомянутые проблемы, компенсирующие рентабельность с использованием прозрачных и непрозрачных оптодов при экспресс-тестировании. Установлено, что точность систем распознавания цвета на смартфоне в основном связана с качеством, чувствительностью исследуемого образца и технологическими аспектами, принятыми на смартфонах. В настоящее время несколько исследовательских групп работают над переносным оптическим детектором, объединяющим смартфоны с высоким разрешением и оптодные чувствительные элементы.

В этой работе мы представляем мобильное приложение распознавания оптических моделей цветообразования на основе смартфонов для колориметрического анализа с использованием прозрачных полиметакрилатных оптодов. Распознавание происходит с использованием алгоритма, основанного на разности яркости между областью референции и областью обнаружения изображения оптода с использованием приложения обработки изображений для Android.

Вспышка в большинстве смартфонов достаточно яркая, чтобы снимать объекты на расстоянии менее 20 см, изображения засвечиваются во время съемки, что ведет к искажениям яркости. Поэтому мы предложили цветодиффузионное сравнение с исходным эталоном оптода, хранящимся в памяти приложения или облачном хранилище, чтобы избежать неправильного освещения или интенсивного света вспышки на образце,

Фото выполняется на белом фоне, причем оптод помещают на держатель с отметкой выравнивания, которая позволяет размещать область формирования изображения в камере смартфона в сопоставлении с хранящимся эталоном изображения исходного оптода.

Изображение получено на смартфонах Samsung Galaxy различных модификаций и проанализирован разработанным приложением для обработки изображений. Полученное изображение показано на экране либо для обрезки изображения, либо для повторного использования, если это необходимо. Затем, выбранная область изображения количественно анализируют с помощью алгоритма вычисления суммарного показателя цвета RGB и опорного канала RGB. Затем RGB каналы усредняют по модельному уравнению, а усредненные RGB каналы индивидуально кластеризуют по оси Y с расстоянием до пикселя изображения по оси X. Наконец, результирующий показатель RGB определяли вычитанием усредненных RGB канала относительно эталонного изображения, что позволяет реализовать цветодиффузионную модель.

Чтобы продемонстрировать цветовые шкалы цветодиффузионной модели, мы представляем изображения колориметрических оптодов, полученные на смартфонах для понимания эффекта связи концентрации металлов в анализируемых объектах и цветовой насыщенности.

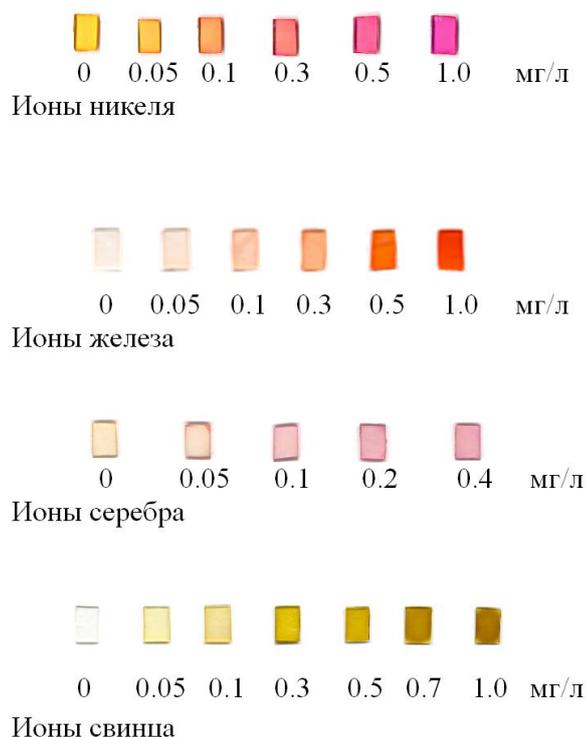


Рис.1. Изображения цветометрических шкал оптодов, полученных на разработанном приложении

Чтобы охарактеризовать корреляцию между цветом оптода и RGB изображения, оценки RGB каждого канала наносят на график относительно их суммы, характеризующей общий цвет колориметрического оптода. Базовая линия от изображения белой подложки использовалась в качестве эталона, а относительный вклад RGB для каждого канала определялся как разность между оцифрованным показателем канала и подложкой. Результат показывает, что относительный вклад RGB был пропорционален цветовому тренду, соответственно концентрации иона металла в исследуемом образце.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гавриленко Н.А. Полиметакрилатные колориметрические сенсоры.1. Ионы металлов. – СПб.: ХимИздат, 2016. – 143 с.
2. Gavrilenko N.A., Volgina T.N., Gavrilenko M.A. Colorimetric sensor for determination of thiocyanate in fossil and drill waters // *Mendeleev Communication*. – 2017. – Т. 27. – № 6. – С. 635–636.
3. Гавриленко Н.А., Саранчина Н.В., Федан Д.А., Гавриленко М.А. Твердофазно-спектрофотометрическое иодометрическое определение нитрита и селена (IV) с использованием полиметакрилатной матрицы // *Журнал аналитической химии*. – 2017. – Т. 72. – № 5. – С. 546–550.
4. Gavrilenko N.A., Gavrilenko M.A. Novel colorimetric sensor for determination of low molecular heparin // *Mendeleev Communication*. – 2017. – Т. 27. – № 4. – С. 419–420.